

# 重庆市主城区室内氡浓度调查与评价

李业强<sup>1</sup>, 田伟<sup>2</sup>, 葛良全<sup>1</sup>, 杜恒雁<sup>2</sup>, 周晓剑<sup>2</sup>, 潘纯珍<sup>2</sup>, 罗耀耀<sup>1</sup>, 任翔<sup>1</sup>, 黄春峰<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059 2. 重庆市辐射环境监督管理站, 重庆 400015)

**摘要:** 根据重庆市城市组团式建设特点, 采用径迹法对重庆市主城建成区开展室内氡浓度调查。结果表明, 各区县室内氡浓度整体水平较低, 重庆市主城区室内氡浓度平均值为  $64.5 \text{ Bq/m}^3$ , 168 个采样点均小于国家标准  $200 \text{ Bq/m}^3$ ; 吸入氡及其子体对人员产生的年均有效剂量均低于《住房内氡浓度控制标准》和《地下建筑氡及其子体控制标准规定》中规定的室内氡浓度行动水平。

**关键词:** 室内氡污染; 径迹法累积测量; 重庆

中图分类号: X837 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2010)05-0023-03

## Investigation and Evaluation of Indoor Radon Concentration in Chongqing Urban Area

LI Y e-qiang<sup>1</sup>, TIAN W ei<sup>2</sup>, GE Liang-quang<sup>1</sup>, DU H eng-yan<sup>2</sup>, ZHOU X iao-jian<sup>2</sup>,  
PAN Chun-zhen<sup>2</sup>, LUO Yao-yao<sup>1</sup>, REN X iang<sup>1</sup>, HUANG Chun-feng<sup>1</sup>

(1 Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059 China;

2 Chongqing Environment Radiation Management and Monitoring Station, Chongqing 400015 China)

**Abstract** Based on characteristics of delegation-style construction in Chongqing indoor radon concentration was investigated in Chongqing urban area by track method. The results showed that level of indoor radon concentration was relatively low in different districts and countries and average indoor radon concentration was  $64.5 \text{ Bq/m}^3$  in urban area of Chongqing. The detecting values from 168 sampling sites were lower than state standard value  $200 \text{ Bq/m}^3$ . The annual effective dose of radon and its progenies inhaled by inhabitants was lower than action level of radon indoor according to "standard for controlling radon and its progenies in underground space" and "control standards for radon concentration in houses".

**Key words** Indoor radon pollution; Track measurement; Chongqing

根据相关文献, 25% 骨髓性白血病患者与氡的辐射有关, 胃癌、皮肤癌及出现在儿童中的某些癌症也与氡暴露密切相关<sup>[1]</sup>。室内是氡富集的场所, 低层建筑物氡主要来自地基土壤和岩石, 占室内氡的 90%<sup>[2]</sup>。为了解室内环境氡污染状况, 2009 年的 9 月—12 月对重庆市主城区室内氡浓度进行调查。

### 1 调查方法

#### 1.1 布点

测区范围为重庆市主城区建成区, 面积约  $631 \text{ km}^2$ , 根据城市组团式建设特点, 测区按  $2 \text{ km}$

$\times 2 \text{ km}$  网格采取不等密度方法布点, 每网格中心设置测点 1 个, 并考虑区域分布均匀性, 共设置 168 个点。测量的建筑物包括居室、办公室和地下建筑, 平行采样 15 个。

#### 1.2 监测

采用径迹法累积测量, 氡及其子体发射的  $\alpha$  粒子轰击探测器, 使其产生亚微观型损伤径迹<sup>[3]</sup>。将此探测器在一定条件下进行化学或电化学蚀刻,

收稿日期: 2010-05-24 修订日期: 2010-08-04

基金项目: 重庆市环保局课题专项基金资助项目

作者简介: 李业强 (1983-), 男, 山东嘉祥人, 硕士, 从事环境辐射场与辐射检测。

扩大损伤径迹,用相应的计数装置计数。单位面积上的径迹数与氡浓度和暴露时间的乘积成正比,用刻度系数将径迹密度换算成氡浓度。

### 1.3 仪器设备

探测器使用 CR-39 径迹片和 BR-G2000 全自动核固体径迹测量系统(北京博创特科技发展有限公司),该固体核径迹测量系统主要由带位移平台的显微镜、自动位移控制器、摄像机、图像采集卡和计算机组成。显微镜平台通过自动位移控制器的按钮实现前、后、左、右移动和显微镜的聚焦。也可计算机通过 I/O 板,驱动自动位移控制器,实现对显微镜平台的自动控制。

## 2 氡浓度水平与剂量估算

### 2.1 室内氡浓度评价

#### 2.1.1 室内氡浓度测量质量控制

在选定的场所内放置 2 个采样器平行采样,数量约为采样总数的 10%,共计测量 15 个平行样,对平行采样器同样的处理,分析。由平行样得到的相对标准偏差均 < 20%,15 对的平行样测量结果为 7 对相对偏差 < 5%,另 7 对为 5% ~ 10%,仅 1 对在 10% ~ 20% 的区间内。

#### 2.1.2 室内氡浓度监测结果

重庆市主城区 95% 的监测点氡浓度水平为  $24.9 \text{ Bq/m}^3 \sim 109.5 \text{ Bq/m}^3$ ,见表 1。

表 1 重庆市室内测点氡浓度水平分布

Table 1 The distribution of indoor radon concentration at measurement site in Chongqing

氡浓度 / ( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ )	测点数 / 间
8.0	1
24.9	9
41.9	19
58.8	51
75.7	52
92.6	19
109.5	9
126.5	4
143.4	1
160.3	1
177.2	2

主城 9 个区 168 间建筑物氡浓度的平均值为  $64.5 \text{ Bq/m}^3$ ,标准偏差为  $24.5 \text{ Bq/m}^3$ 。有 17 间建筑物的氡浓度超过  $100 \text{ Bq/m}^3$ ,占监测总数的

10%。重庆市主城区室内环境空气中氡浓度均值低于广州市居民住宅的室内氡浓度平均值 ( $73.6 \text{ Bq/m}^3$ )<sup>[4]</sup>。9 个区室内平均氡浓度见表 2。

表 2 重庆各区室内氡浓度

Table 2 Indoor radon concentration in different districts of Chongqing

地点名称	调查房间数 $n$ / 间	平均值 / ( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ )
渝中区	18	$65.1 \pm 24.5$
渝北区	32	$52.8 \pm 35.1$
巴南区	14	$35.0 \pm 39.7$
江北区	12	$42.3 \pm 32.3$
北碚区	17	$75.1 \pm 54.8$
南岸区	20	$55.9 \pm 25.2$
大渡口区	15	$56.4 \pm 16.8$
九龙坡区	23	$66.6 \pm 40.7$
沙坪坝区	17	$68.7 \pm 37.7$
小计	168	$64.5 \pm 33.0$

不同年代建造的房屋比较结果表明,新房屋氡浓度略低于老房屋。不同年代房屋氡浓度的顺序为 21 世纪初 < 20 世纪 90 年代 < 20 世纪 70 年代 < 20 世纪 80 年代,相互之间氡浓度水平差距很小,不同年代建造的房屋室内平均氡浓度的测试结果的平均值见表 3。

表 3 不同年代房屋室内氡浓度

Table 3 Indoor radon concentration in houses of different years

建造年代	调查房间数 $n$ / 间	平均值 / ( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ )
20 世纪 70 年代	7	$69.1 \pm 27.5$
20 世纪 80 年代	8	$75.7 \pm 37.4$
20 世纪 90 年代	47	$64.6 \pm 26.0$
21 世纪初	106	$63.4 \pm 35.9$

调查涉及的房屋建筑材料类型为红砖和空心砖,空心砖用户数较少,其室内平均氡浓度略低于红砖用户室内平均氡浓度,红砖和空心砖房屋的氡浓度检测结果见表 4。

表 4 不同房屋材料室内氡浓度

Table 4 Indoor radon concentration in different building materials

房屋材料	调查房间数 $n$ / 间	平均值 / ( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ )
红砖	162	$64.5 \pm 32.7$
空心砖	6	$63.9 \pm 38.5$

调查发现地下室内平均氡浓度高于地上室内平均氡浓度, 见表 5。

表 5 地上和地下房屋室内氡浓度

Table 5 Indoor radon concentration in different building position under or up ground

房屋位置	调查房间数 $n$ /间	平均值 $I$ /( $Bq \cdot m^{-3}$ )
地上	153	63.9 ± 34.1
地下	15	70.1 ± 19.8

经不同房屋地面材料室内氡浓度比较可知, 石材地面(水磨石、大理石、花岗岩) > 地板砖 > 水泥 > 木地板, 见表 6。

表 6 不同地面材料室内氡浓度

Table 6 Indoor radon concentration in different building floor materials

地面材料	调查房间数 $n$ /间	平均值 $I$ /( $Bq \cdot m^{-3}$ )
地板砖	86	65.4 ± 35.5
木地板	33	58.2 ± 37.4
水泥	26	62.9 ± 22.9
石材	23	71.0 ± 31.7

调查的房屋中, 室内氡浓度水平均小于国家标准。居室氡浓度水平最低; 办公室氡浓度水平最高, 见表 7。

表 7 不同功能房屋室内氡浓度

Table 7 Indoor radon concentration in different function of buildings

房屋功能	调查房间数 $n$ /间	平均值 $I$ /( $Bq \cdot m^{-3}$ )
居室	114	60.8 ± 36.3
办公室	39	72.0 ± 26.1
地下停车场	15	70.1 ± 19.8

办公室内氡浓度略高于地下停车场内氡浓度的原因可能与测量选择的办公室大部分通风条件不良, 有些停用、长时间封闭有关; 当前办公室装修石材使用较多, 也可能是造成高氡的原因之一; 空调密封造成氡浓度偏高。氡浓度偏高的房屋应采取降氡防氡等措施, 有许多文献作过报道<sup>[5-9]</sup>。

## 2.2 年均有效剂量

根据《住房内氡浓度控制标准》(GB/T 16146-1995)和《地下建筑氡及其子体控制标准》(GB 16356-1996)室内氡浓度行动水平, 室内测量最高值为 1.23 mSv/a 未超过国家规定室内氡浓度行

动水平, 见表 8。

表 8 吸入氡及子体对人员产生的年均有效剂量

Table 8 Annual effective dose generated by inhalation of radon and daughters

地点名称	调查房间数 $n$ /间	年均有效剂量 $I$ /( $mSv \cdot a^{-1}$ )
渝中区	18	1.06
渝北区	32	0.86
巴南区	14	0.57
江北区	12	0.69
北碚区	17	1.23
南岸区	20	0.91
大渡口区	15	0.92
九龙坡区	23	1.09
沙坪坝区	17	1.12
小计	168	1.05

## 3 结论

重庆市主城区室内空气中氡浓度平均值为 ( $64.5 \pm 33.0$ )  $Bq/m^3$ , 低于国家标准; 房屋室内空气氡浓度水平排序为 21 世纪初 < 20 世纪 90 年代 < 20 世纪 70 年代 < 20 世纪 80 年代; 红砖 > 空心砖; 地下建筑 > 地上建筑; 石材地面 > 地板砖 > 水泥 > 木地板; 办公室 > 地下建筑 > 居室。室内环境空气中氡及其子体年均有效剂量低于《住房内氡浓度控制标准》和《地下建筑氡及其子体控制标准规定》中规定的室内氡浓度行动水平。

### [参考文献]

- [1] MCTAUGHN JP, SMOPULOS E S, SPENH USLER E, et al. Natural radiation environment[M]. Chicago US: The University of Chicago Press, 1975.
- [2] 宋刚, 邓令蓉, 吴长青, 等. 广州市新建民用建筑工程土壤氡浓度调查[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(4): 21-22.
- [3] 吴慧山, 林玉飞, 白云生, 等. 氡测量方法及应用[M]. 北京: 原子能出版社, 1995.
- [4] 宋刚, 魏永作, 张伯友, 等. 新建民用建筑工程室内环境污染调查[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17(4): 23-25.
- [5] 陈光明, 何永金. 室内氡的危害及防氡降氡措施[J]. 环境工程, 1998, 16(1): 29-32.
- [6] 卢新卫. 室内空气氡的来源、危害及控制措施分析[J]. 桂林工学院学报, 2004, 24(1): 87-92.
- [7] 于水, 王功鹏, 骆亿生, 等. 部分住宅和地下空间氡浓度的监测及防护措施研究[J]. 辐射防护, 1999, 19(3): 195-200.
- [8] 郑天亮, 周竹虚, 尚兵, 等. 建筑工程防氡技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [9] 杨钦元. 室内氡浓度及其控制措施[J]. 辐射防护通讯, 2001, 21(6): 26-29.